Institut royal des Sciences naturelles de Belgique

BULLETIN

Tome XXXII, n° 27
Bruxelles, avril 1956.

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

MEDEDELINGEN

Deel XXXII, nr 27
Brussel, april 1956.

DE L'ASPECT MECANIQUE DU CŒUR MAMMALIEN,

par Serge FRECHKOP (Bruxelles).

Les anatomistes et physiologistes distinguent, chez l'Homme et chez d'autres Mammifères, un « cœur gauche » et un « cœur droit »; quelques-uns disent même qu'il y a « association de deux cœurs en un organe unique » (1); tous sont d'accord pour dire qu'il en est ainsi au point de vue physiologique. Malgré les conceptions courantes concernant le développement embryonnaire du cœur, la morphogénèse de celui-ci nous paraît devoir concorder également avec le principe de son fonctionnement (2).

D'autre part, les précis et les traités de physiologie définissent souvent le cœur comme étant u n e pompe foulante et aspirante; et c'est là l'erreur qui empêche de donner une description cohérente de l'activité de cet organe. Il est, en effet, extrêmement important, au point de vue mécanique, de ne pas perdre de vue que le cœur présente une réunion de d e u x p o m p e s (3), réglées de telle sorte que l'action de l'une est en harmonie avec celle de l'autre (fig. 1).

En principe, il est impossible d'établir le commencement d'une période dans un phénomène cyclique continu. D'une façon arbitraire, on prend pour le début d'une révolution cardiaque la systole du ventricule gauche du cœur (4). Ceci se justifie plus ou moins par le fait que, chez l'embryon, existe déjà le circuit aortique, le circuit pulmonaire venant s'ajouter après la naissance de l'individu.

On admet d'habitude que la systole est simultanée pour les deux ventricules cardiaques; on sait cependant qu'en réalité il n'en est pas ainsi :

(1) BOURDELLE et BRESSOU (1937-38, p. 531).
(2) Voir notre note dans ce Bulletin, tome 31, n° 75, 1955.
(3) Voir, p. ex., BAYLIS (1924, p. 709) : « in the higher vertebrates there are two pumps in series, having the lungs between them;...... The two pumps are combined in one organ, the heart, but their cavities are separate ».
(4) Voir, p. ex., TESTUT et LATARJET, 1948, II, p. 6.

le début de la systole pour le ventricule gauche est en léger retard par rapport au ventricule droit; il en est de même de la systole de l'oreilette gauche par rapport à l'oreillette droite. Ce décalage dans le temps paraît à peu près insignifiant aux physiologistes et n'est cité, dans leurs traités, qu'à titre de remarque. Au point de vue mécanique, ce décalage est cependant d'une importance considérable.

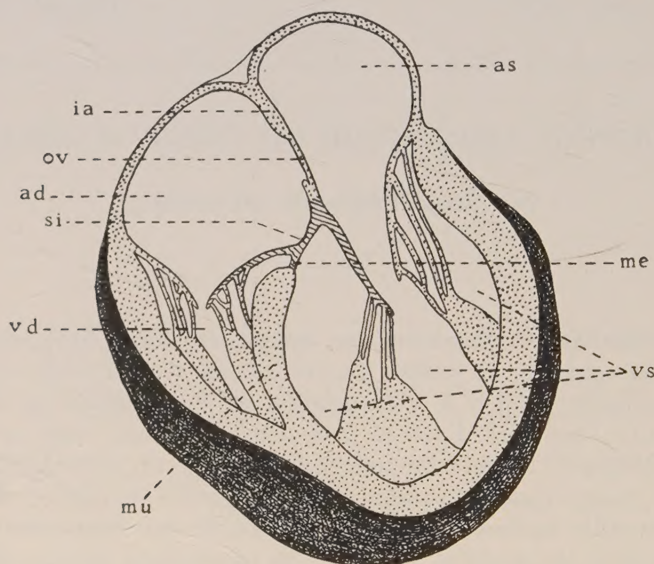


Fig. 1. — Coupe du cœur humain montrant les pompes artérielle (*as* + *vs*) et veineuse (*ad* + *vd*); *ad*, cavité de l'oreillette droite; *as*, cavité de l'oreillette gauche; *ia*, cloison interatriale; *me*, partie membraneuse de la cloison interventriculaire; *mu*, partie musculaire de celle-ci; *ov*, fosse ovale; *si*, *septum intermedius*, séparant l'oreillette droite du ventricule gauche; *vd*, cavité du ventricule droit; *vs*, cavité du ventricule gauche; hachuré, la charpente fibreuse du cœur. (D'après ROUVIÈRE, modifié).

Dans le cœur humain, la systole ventriculaire durant environ 0,3 de seconde et le « très léger retard » du début de la contraction au ventricule gauche étant d'environ 0,02 à 0,03 de seconde (5), on voit que ce retard égale à peu près un dixième de la durée de la systole. Qu'il nous soit permis de faire une comparaison pouvant paraître saugrenue. Supposons que deux localités distantes l'une de l'autre de 10 km, sont reliées par une ligne de chemin de fer à double voie, sauf au milieu du trajet, où celle-ci devient unique sur une longueur d'un demi-kilomètre. Supposons ensuite que de deux trains, roulant en sens inverse

(5) Voir les Précis de physiologie cités à la fin de cette note.

à la vitesse de 60 km à l'heure, l'un doit arriver au passage à une voie une minute plus tôt que l'autre. Dans ce cas, il est clair qu'un dixième de la durée du parcours n'est pas négligeable. Pourquoi en serait-il autrement pour deux flux de sang qui se croisent dans le cœur ?

En technique, la réunion de deux pompes foulantes, comme c'est le cas dans les machines qu'on emploie pour éteindre les incendies, a pour but d'assurer la constance du débit de l'eau. On pourrait objecter que le cœur n'est pas comparable à une telle machine, puisque dans celle-ci les deux pompes jettent (ou « crachent ») l'eau alternativement dans un vase unique, d'où, sous forme d'un courant unifié continu, l'eau est évacuée par une seule lance; tandis que dans le cœur chacun des ventricules déverse le sang dans une artère qui lui est propre (aorte et artère pulmonaire). Remarquons cependant que les deux jets de sang sont lancés dans un seul circuit qui n'apparaît double qu'à cause du croisement de ses parties (6). Néanmoins il faut reconnaître que le principe fonctionnel de la machine employée contre les incendies n'est pas exactement le même que celui qui nous semble présider à l'activité du cœur. Dans ce dernier, chacune des deux pompes qui le constituent, n'envoie dans l'autre que ce qu'elle a reçu d'elle. On peut donc représenter ce fonctionnement par un appareil dont la structure est rendue par le schéma ci-après (fig. 2).

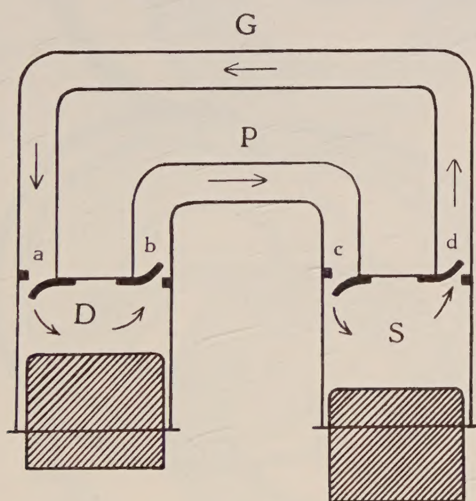


Fig. 2. — Modèle d'un appareil constitué de deux pompes foulantes qui agiraient alternativement sur un liquide remplissant les tuyaux qui réunissent ces pompes; le cylindre D figure le « cœur droit », le cylindre S, le « cœur gauche », le tuyau G correspond au grand cercle, le tuyau P, au cercle pulmonaire du circuit sanguin; *a, b, c, d,* valves assurant la continuité du flux du liquide; les flèches indiquent la direction du flux.

(6) Voir notre note précitée.

Si on suppose que dans les cylindres D et S, les pistons montent ou descendent au même moment, leur mouvement ne peut produire, dans ces cylindres et dans les tuyaux qui les réunissent, qu'une compression et une dilatation alternantes du liquide, n'en déterminant donc pas une circulation de celui-ci. Par contre, si on admet que les pistons montent alternativement, on comprend que l'un des cylindres gagne ce que l'autre perd et on conçoit l'ordre dans lequel jouent les valves, assurant un flux continu.

Le léger décalage entre les débuts de la systole dans les deux ventricules cardiaques n'est pas égal à l'action alternante des pistons dans notre modèle; cette non-simultanéité ne peut donc à elle seule suffire pour réaliser des conditions aussi favorables. Mais l'extensibilité différente des parois des deux ventricules cardiaques peut remédier à l'insuffisance du décalage entre les débuts de leurs systoles. On sait, en effet, que les parois du ventricule gauche sont, dans le cœur humain, environ trois fois plus épaisses que celles du ventricule droit (7). Ceci a pour conséquence le fait que, sur une coupe transversale (par rapport à l'axe longitudinal du cœur), on voit la compression, par le ventricule gauche dont la section est plus ou moins ronde, du ventricule droit, au point de conférer à sa section la forme d'un croissant (fig. 3). Le péricarde présentant un enclos non élastique, on conçoit que deux vessies qui y sont incluses, — « cœur droit » et « cœur gauche » — doivent, lorsqu'elles se remplissent, agir sur la forme l'une de l'autre.

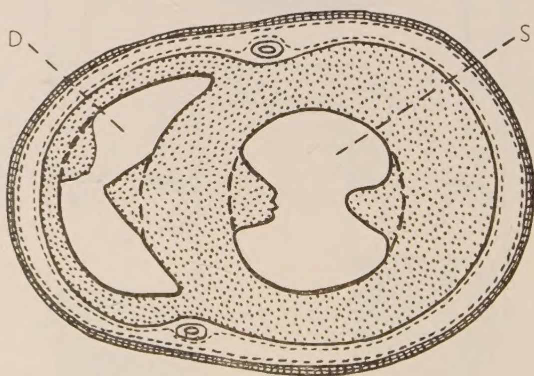


Fig. 3. — Coupe à travers la partie ventriculaire d'un cœur de Cheval; le pointillé détachant les piliers, on voit que le contour du creux du ventricule gauche (S) est à peu près circulaire, alors que celui de la cavité du ventricule droit (D) affecte la forme d'un croissant. (Dessin inspiré d'un schéma de BOURDELLE et BRESSOU, 1937-38).

(7) Dans le cœur du Mouton nous avons constaté que les premières sont au moins cinq fois plus épaisses que les secondes.

La nature, souvent gaspilleuse ailleurs, se montre très économe dans la structure des organes. Aussi, dans le cœur mammalien, arrive-t-elle jusqu'à réduire la paroi musculaire du ventricule droit, adjacente au ventricule gauche et mécaniquement inutile, à tel point que l'endocarde seul du ventricule droit semble subsister à cet endroit; autrement dit, la cloison interventriculaire nous paraît être constituée presqu'exclusivement par la paroi du ventricule gauche, aussi épaisse ici que dans sa partie latérale (fig. 4).

L'épaisseur et, partant, l'élasticité différentes des parois des deux ventricules posent immédiatement la question des capacités volumétriques des divers compartiments du cœur. A première vue, celles-ci sembleraient devoir être égales, puisque les oreillettes déversent leur contenu dans les ventricules respectifs et puisqu'il revient dans l'oreillette gauche autant de sang qu'il en a été envoyé par le ventricule droit dans les poumons.

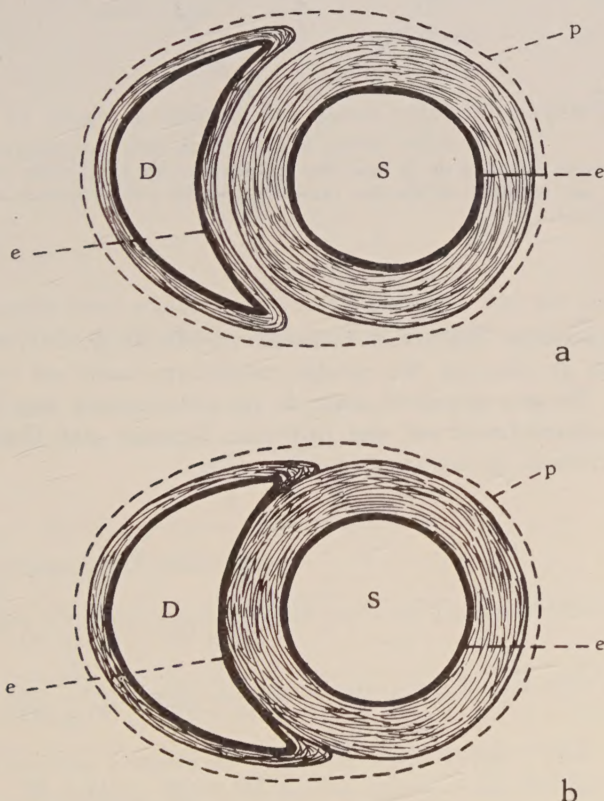


Fig. 4. — Schéma montrant la suppression du myocarde dans la partie du ventricule droit (D) adjacente au ventricule gauche (S) dans un cœur de Mammifère; *a* et *b*, stades successifs de ce processus; *e*, endocarde; *p*, péricarde (enceinte non élastique).

En effet, abstraction faite de la longueur des voies qui amènent le sang d'un compartiment à l'autre, le passage du sang dans le cœur peut être exprimé par le schéma ci-dessous (fig. 5). Cependant, les capacités volumétriques des quatre chambres cardiaques ne sont pas égales.

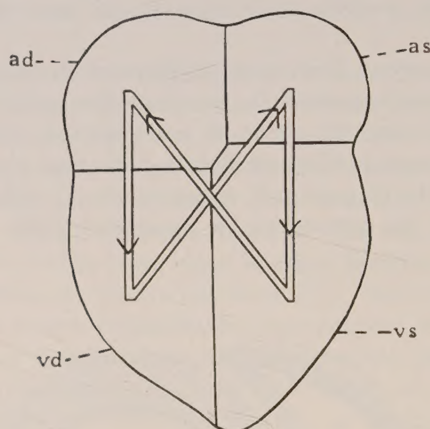


Fig. 5. — Schéma simplifié de la suite des transfusions du sang d'une cavité du cœur à l'autre; *ad*, oreillette droite; *as*, oreillette gauche; *vd*, ventricule droit; *vs*, ventricule gauche.

Comme l'avouent Testut et Latarjet (1948, II, p. 14), « la capacité sur le vivant de chacune des cavités cardiaques, nous est complètement inconnue ». Ils se contentent donc de résumer comme suit les résultats des mensurations faites sur des cadavres humains par Hiffelsheim et Robin et exprimés en centimètres cubes (8).

	Cœur droit	Cœur gauche	Totaux
Oreillettes	110 à 185	100 à 150	210 à 315
Ventricules	160 à 230	143 à 212	303 à 442
Totaux	270 à 415	243 à 362	513 à 757

(8) Le chiffre inexact donné dans le Traité cité et exprimant le total maximum pour le cœur gauche, est rectifié dans le tableau que nous réproduisons.

Il est possible de tirer de ces données des indications plus intéressantes que des totaux : le rapport entre les capacités des diverses cavités du cœur a certainement une importance dynamique.

Les chiffres ci-devant permettent d'établir la moyenne de capacité de chaque cavité :

	Cœur droit	Cœur gauche
Oreillette...	147,5	125
Ventricule	195	177,5

Ces nombres sont voisins des chiffres ronds suivants :

150	125
200	175

Exprimé en nombres simples, le rapport entre les capacités des quatre chambres cardiaques est donc à peu après celui-ci :

6	5
8	7

Si ce rapport était exact, on pourrait observer que les capacités couplées en croix de Saint-André présentent la même somme : $6 + 7 = 5 + 8$.

Ce qui paraît particulièrement important c'est le rapport, entre l'oreillette et le ventricule, sensiblement égal dans les deux pompes cardiaques :

$$\frac{3}{4} \quad \text{et} \quad \frac{2,857...}{4}$$

Le fait que, dans un cœur mort, la capacité d'une oreillette ne constitue qu'environ les $\frac{3}{4}$ de celle du ventricule avec lequel elle communique, semblerait pouvoir s'expliquer par cette supposition : chez le vivant, la finesse et l'extensibilité plus grandes des parois d'une oreillette pourraient lui permettre d'accumuler tout le volume de sang nécessaire pour remplir le ventricule respectif. Les physiologistes ne sont cependant pas disposés à attribuer aux oreillettes seules le rôle entier dans la réplétion des ventricules.

L'explication du rapport en question nous paraît être fournie par le calcul suivant. Le volume de sang remplissant un ventricule doit inévitablement passer par l'oreillette respective. Admettons que la capacité est la même pour les deux ventricules et que les oreillettes également ne diffèrent pas à ce point de vue l'une de l'autre. On sait que la systole ventriculaire dure environ 3 dixièmes de seconde, celle des oreillettes, 1 dixième de seconde, et que le repos général du cœur a une durée de 4 dixièmes de secondes. Au début de la systole ventriculaire, commence la diastole auriculaire et dure jusqu'à sa contraction suivante, autrement dit, 4 dixièmes de seconde. Lorsque commence la diastole d'un ventricule, l'oreillette respective lui passera le sang qu'elle a pu accumuler pendant les 3 dixièmes de secondes écoulés, c'est-à-dire les $\frac{3}{4}$ du volume que peut contenir un ventricule; l'oreillette peut verser ce volume de sang dans le ventricule respectif durant les 3 premiers dixièmes de secondes de la réplétion de celui-ci; elle ne devra donc, lorsqu'elle entrera (pour 1 dixième de seconde) en état de systole, envoyer dans ce ventricule que le dernier quart du volume de sang qui manque à celui-ci. Ainsi la réplétion d'un ventricule n'est qu' « achevée par la systole auriculaire » (voir : HÉDON, 1950, p. 160). Nous ignorons le procédé expérimental qui autorise certains physiologistes (p. ex., SOULA, 1947, p. 230) de prétendre que l'oreillette participe seulement pour 10 % dans la réplétion du ventricule.

Les valeurs volumétriques du « cœur droit » et du « cœur gauche » ne sont cependant pas égales; nous référant aux données concernant le cœur humain, nous voyons que le rapport entre les capacités est à peu près le suivant :

$$(6 + 8) : (5 + 7) = 7 : 6.$$

Dans les chapitres consacrés au processus de la circulation sanguine des traités et des précis de physiologie, il est d'habitude question de « sang » en général, sans qu'on y précise la qualité artérielle ou veineuse de celui-ci; de plus, on n'y trouve pas d'indication concernant les poids spécifique du sang artériel et du sang veineux. Or, ces données manquantes pourraient contribuer, peut-être, à l'explication de l'inégalité volumétrique des deux pompes cardiaques : la différence des poids spécifiques (ou des densités) des deux sortes de sang pourrait être compensatoire, au moins partiellement, de la non-équivalence des volumes. Malheureusement, nous n'avons pas pu trouver, dans les ouvrages consultés, de données précises concernant les poids spécifiques de deux sortes de

sang (9). Aussi avons-nous essayé de rechercher des indications indirectes.

On sait que le sang artériel et le sang veineux contiennent des quantités différentes d'oxygène et d'anhydride de carbone.

Suivant ARTHUS (1927, p. 360), un volume de 100 cm³ de chacun de ces sangs contient :

	CO_2	O_2	Totaux
Sang artériel	40 cm³	20 cm³	60 cm³
Sang veineux	48 cm³	12 cm³	60 cm³

Il reste donc 40 cm³ pour les autres substances faisant partie du volume de 100 cm³ de chaque sang.

Suivant HÉDON (1950, p. 311), les volumes comparés seraient les suivants :

	CO_2	O_2	Totaux
Sang artériel	50 cm³	20 cm³	70 cm³
Sang veineux	56 à 60 cm³	8 à 12 cm³	70 cm³

Il resterait donc 30 cm³ environ pour les autres substances entrant dans la constitution de 100 cm³ de chaque sang.

Ainsi, suivant les données du premier auteur cité, il y a deux fois plus de CO_2 que de O_2, dans le sang artériel, et quatre fois plus, dans le sang veineux; suivant le deuxième auteur, il y en a 2 fois et demi plus, dans le sang artériel, et 5 à 7 fois plus, dans le sang veineux.

(9) Suivant le Professeur M. FLORKIN (1943), le poids spécifique du *sang total* est 1,055, celui du *plasma* du sang 1,023 et celui du *serum* 1,024. Répondant aimablement à une lettre que nous lui avons adressée, ce distingué biochimiste nous fait savoir (le 7-II-1956) que : « quand le sang veineux arrive aux poumons, le poids spécifique du *plasma* est très légèrement modifié (légère diminution du poids spécifique) par suite du passage d'un peu d'eau (4 cc par litre de sang) des hématies au plasma. Par contre le poids spécifique des hématies est très légèrement augmenté. »

Les poids moléculaires des deux gaz présents dans le sang permettent, nous semble-t-il, de faire une comparaison approximative des poids de leurs volumes. En se basant sur les chiffres donnés par ARTHUS, on obtient :

	CO_2	O_2	Totaux :
Poids moléculaires	44	32	
Gaz du sang artériel	1760	880	2.640
Gaz du sang veineux	2112	384	2.496

Suivant les chiffres donnés par HÉDON, on obtient :

Poids moléculaires	44	32	Totaux :
Gaz du sang artériel	2.200	880	3.080
Gaz du sang veineux	2.464 à 2.640	256 à 384	2.720 à 3.024

Nous avons ainsi une première indication concernant la possibilité de poids spécifiques différents de deux sang : celui du sang artériel paraît pouvoir être légèrement plus grand que celui du sang veineux; donc, une certaine quantité pondérale du premier peut occuper un volume légèrement plus petit que celui qu'occuperait un même poids du second.

Si l'on ne tient pas compte de la quantité d'oxygène que l'organisme peut absorber autrement que par les poumons et de la quantité de l'anhydride de carbone qu'il peut éliminer autrement que par l'expiration, on doit conclure à l'égalité du nombre de molécules de l'oxygène aspiré et du nombre de molécules de CO_2 exhalé; en effet, si le nombre de molécules O_2 dépassait d'une manière progressive le nombre de celles de CO_2, il y aurait combustion de l'organisme; si, au contraire, il s'y produirait une suprématie progressive de CO_2, l'organisme serait tué par asphyxie (10).

(10) La physiologie nous apprend que le quotient respiratoire est inférieur à l'unité car l'organisme absorbe plus d'oxygène qu'il n'exhale de l'anhydride de carbone. Cet excédent d'oxygène est utilisé pour le travail de l'organisme. Nous faisons provisoirement abstraction de ce travail afin de simplifier notre schéma qui, de ce fait, ne peut être considéré que comme un essai de trouver le point par lequel il serait plus avantageux d'aborder la longue série de problèmes que pose le mécanisme du cœur.

La pression sanguine différente dans la pompe artérielle et dans la pompe veineuse du cœur ne peut pas être prise en ligne de compte pour l'explication de l'inégalité volumétrique de celles-ci, étant donné que cette pression n'est pas assez puissante pour produire une compression perceptible du sang. Par contre, l'extensibilité différente des parois pourrait contribuer à l'égalité des capacités volumétriques dans un cœur vivant. La possibilité d'une légère influence de l'hématose sur la température et partant sur le volume du sang passant par les poumons se présente également à l'esprit.

Toutes ces questions sont du domaine de la physiologie et notre manque de compétence dans celui-ci nous force de nous en détourner pour revenir à l'aspect morphologique du processus de la circulation sanguine.

Au décalage des débuts de la systole dans les deux ventricules et à l'inégalité d'épaisseur de leurs parois, s'ajoute la différence des niveaux des deux orifices auriculo-ventriculaires du cœur (fig. 6).

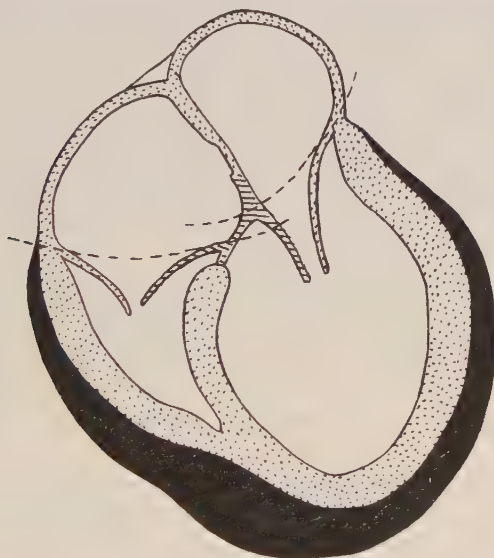


Fig. 6. — Schéma montrant la différence des niveaux, — représentés par des lignes pointillées, — où sont attachées les valvules auriculo-ventriculaires dans les deux pompes cardiaques. (A comparer avec la fig. 1).

Suivant les physiologistes, la systole ventriculaire commence dès que les ventricules sont remplis de sang. Or, dans l'enclos non élastique constitué par le péricarde, l'un des ventricules ne peut faire son plein qu'au moment où l'autre cède un peu de sa tension ou n'est pas encore arrivé au maximum de pression qu'il peut supporter de la part du sang y

affluant. Il doit donc se produire, à un moment donné, une rupture d'équilibre entre les pressions qu'exercent l'un sur l'autre les ventricules se remplissant de sang (le reflux de celui-ci dans les oreillettes étant exclu par la fermeture des valves mitrale et tricuspide).

D'autre part, si la somme des volumes des quatre compartiments du cœur n'était pas plus ou moins constante, par diminution alternante d'un des volumes au profit d'un autre, il se formerait entre l'enceinte qu'est le péricarde, et le cœur même, des vides. Le travail du cœur n'est donc possible qu'à condition qu'un compartiment du cœur cède le pas à l'autre (11).

Vu le retard du début de la systole pour le ventricule gauche, le ventricule droit se trouve comblé de sang lorsque son voisin ne l'est pas encore. A ce moment, la pression dans le ventricule droit est stabilisée, alors qu'elle continue à croître dans le ventricule gauche; bombant la cloison interventriculaire au détriment de l'espace qu'occupe le ventricule droit saturé de sang, la pression du ventricule gauche vient augmenter celle que, de l'intérieur, éprouvent les parois du ventricule droit; celui-ci ne pouvant supporter le supplément de pression que lui inflige son voisin, force les valvules sigmoïdes et commence à se vider par l'artère pulmonaire. La pression du ventricule droit étant ainsi diminuée, le ventricule gauche peut alors faire son plein. Telle nous apparaît l'importance fonctionnelle du décalage systolique. Ajoutons qu'il nous semble probable que si ce dernier, aussi minime qu'il soit, n'existait pas, les contractions plus puissantes du ventricule gauche réduiraient graduellement à zéro l'importance des contractions du ventricule droit et, de ce fait, le condamneraient à la suppression.

L'exactitude probable du tableau que nous nous faisons de l'activité conjuguée des ventricules cardiaques paraît être attestée par le fait établi par CHAUVEAU et MAREY dans les tracés cardiographiques : on y voit, lors de la systole, « la descente du plateau ventriculaire pour le ventricule droit, son ascension pour le ventricule gauche » (ARTHUS, 1927, p. 94) (fig. 7).

Le dispositif mécanique assurant l'alternance des culminations de pression dans les ventricules couplés, est constitué, nous semble-t-il, par la c h a r p e n t e f i b r e u s e d u c œ u r située entre la f o s s e o v a l e de l'oreillette droite et la partie musculaire de la cloison interventriculaire. Sur une coupe passant des oreillettes à la pointe du cœur et du bord gauche au bord droit de celui-ci, ce dispositif pourrait se présenter comme

(11) On sait que dans les organes entourés d'une paroi résistante, à chaque systole les artères y subissement une distension et y provoquent partant une compression des veines, chassant ainsi le sang qui se trouve dans celles-ci (cas de l'œil, du cerveau). Mais le cœur est également entouré d'une paroi plus ou moins résistante : son péricarde quasi non élastique s'appuie de plus contre les parois d'autres organes du médiastin (poumons, diaphragme, sternum). La distension du ventricule gauche doit donc déterminer dans une certaine mesure la compression du ventricule droit; celui ci provient, en effet, de la partie veineuse du réseau vasculaire, alors que le ventricule gauche, de la partie artérielle de ce réseau. (Voir notre note précitée.)

effectuant des mouvements pendulaires, conformément à la non-simultanéité des moments de saturation des deux ventricules (fig. 8). Si une telle oscillation existait réellement, le dispositif fibreux serait comparable à l'ancre d'échappement d'une montre et rendrait plus compréhensible l'activité rythmique du cœur (12).

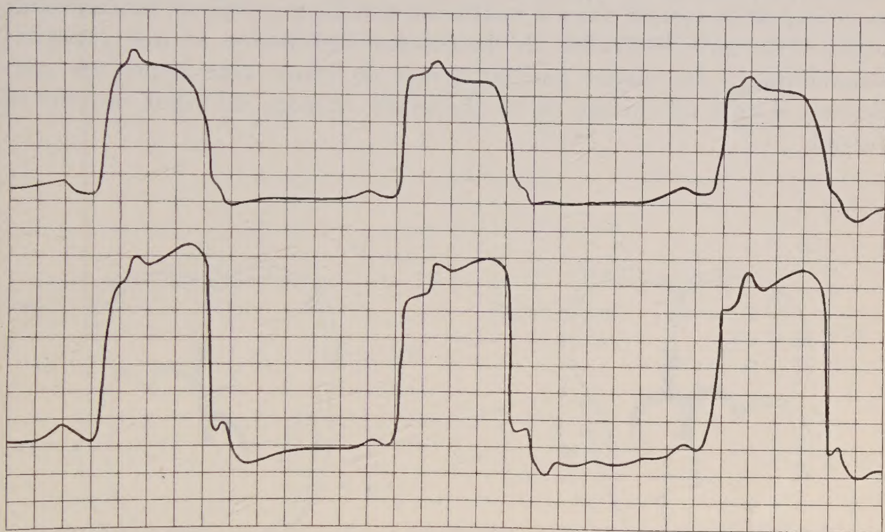


Fig. 7. — Tracés cardiographiques simultanés du ventricule droit (au-dessus) et du ventricule gauche (au-dessous) d'un cœur de Cheval; on voit l'inclinaison inverse des « plateaux systoliques ». (D'après CHAUVEAU et MAREY).

Dans ces considérations théoriques nous avons fait abstraction des différences de pression, dans divers points du réseau vasculaire, du rôle que peut exercer sur les parois du cœur le degré d'artérialisation du sang, etc., autrement dit, d'un grand nombre de détails importants et connus des physiologistes. Il s'agissait pour nous, pour l'instant, d'établir seulement un schéma sommaire du mécanisme possible du cœur, un schéma rudimentaire, nous le reconnaissons volontiers, mais plus vraisemblable que celui qui résulte de la considération du cœur comme d'une pompe unique.

(12) Nous nous rendons parfaitement compte de la grossièreté de la comparaison, l'ancre d'échappement (inventée par THOMAS MUDGE, au XVIIIe siècle) étant un organe *plat* d'un mécanisme métallique, tandis que le dispositif fibreux en question est constitué par des *surfaces courbes* (faisant partie des valvules mitrale et tricuspide) de la matière souple et vivante.

Résumé.

Dans cette note préliminaire, présentant une tentative de trouver une image mécanique du fonctionnement du cœur chez les Mammifères, l'attention est attirée sur la nécessité de ne jamais perdre de vue que cet organe est une réunion de deux pompes foulantes : l'une artérielle, l'autre veineuse. Une importance fonctionnelle considérable est attachée au retard de la systole dans le ventricule gauche par rapport au ventricule droit, ainsi qu'à l'inégalité de l'épaisseur des parois et des capacités volumétriques des quatre compartiments du cœur. Une hypothèse concernant le rôle mécanique de la charpente fibreuse du cœur termine ce travail.

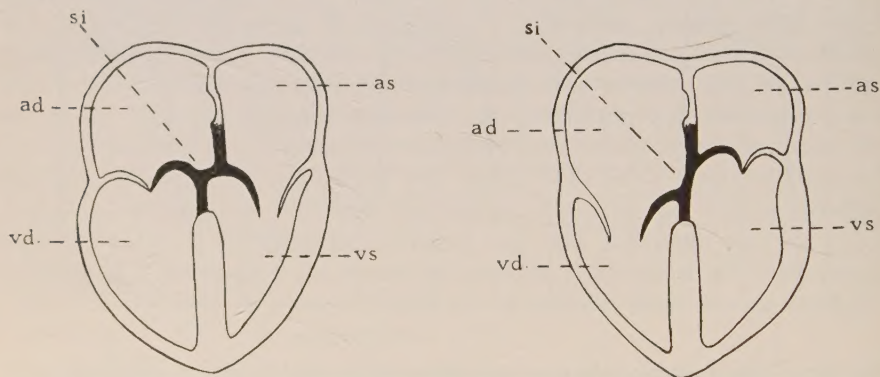


Fig. 8. — Les deux positions hypothétiques du dispositif fibreux du cœur humain : à gauche, au moment de la réplétion du ventricule droit (*vd*), à droite, au moment de la réplétion du ventricule gauche (*vs*); *ad* et *as*, oreillettes respectives; *si*, *septum intermedius*. (Le dispositif fibreux est représenté en noir.)

Index bibliographique.

Arthus, M., 1927, *Précis de physiologie*. (7e éd.; Paris, Masson et Cie.)

Baylis, Sir W. M., 1924, *Principles of General Physiology*. (4th ed., London, Longmans, Green & C°.)

Bourdelle, E., et Bressou, C., 1937-38, *Anatomie régionale des animaux domestiques. I Equidés*. (2e éd., Paris, Baillière et Fils.)

Florkin, M., 1943, *Précis de biochimie humaine*. (Liège, éd. Desoer.)

Fredericq, H., 1944, *Traité élémentaire de physiologie humaine*. (2e éd., Paris-Liège.)

Gelderen, Chr. van, 1933, *Venensystem, mit einem Anhang über den Dotter- und Plazentarkreislauf*. (Dans : Bolk, Göppert, Kallius u. Lubosch, *Handbuch der vergl. Anat. der Wirbeltiere*, vol. VI, pp. 685-744.)

Hédon, E., 1950, *Précis de Physiologie*. (14e éd., Paris, G. Doin et Cie.)

LOEWY, A., 1926, *Die Gase des Körpers und der Gaswechsel.* (Dans : *Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere,* publié par le Professeur C. OPPENHEIMER, vol. 6, pp. 1-278; Yena, G. Fischer.)

ROUVIÈRE, H., 1932, *Anatomie humaine descriptive et topographique.* (3e éd., tome I; Paris, Masson et Cie.)

SOULA, L.-C., 1947, Précis de physiologie. (Paris, Masson et Cie.)

STÉPHAN, F., 1954, *Morphologie générale du système circulatoire.* (Dans : *Traité de Zoologie,* publié sous la direction du Professeur P. P. GRASSÉ, tome XII, pp. 854-973; Paris, Masson et Cie.)

TESTUT, L., et LATARJET, A., 1948, *Traité d'Anatomie humaine.* (9e éd., tome II; Paris, G. Doin et Cie.)

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

Ad. Goemaere, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles